

## SPEAKER SYSTEM

**Publication number:** JP11239400 (A)

**Publication date:** 1999-08-31

**Inventor(s):** MASUDA KATSUHIKO; SAWARA MICHIOYOSHI

**Applicant(s):** YAMAHA CORP

**Classification:**

- **international:** **H04R1/26; G10K11/178; H04R1/40; H04R3/00; H04S1/00; H04R1/22; G10K11/00; H04R1/40; H04R3/00; H04S1/00; (IPC1-7): H04S1/00; H04R1/26**

- **European:**

**Application number:** JP19980039378 19980220

**Priority number(s):** JP19980039378 19980220

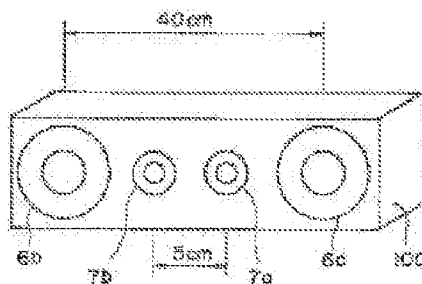
**Also published as:**

JP3422247 (B2)

### Abstract of JP 11239400 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make a system small in size, to increase a suppression rate of a sound from other sound sources and to obtain a suppression effect over a wide range in the speaker system where two listeners in the same space can listen to the sound of different sound sources.

**SOLUTION:** In this speaker system using signals from two sound sources, a sound wave to cancel a sound wave outputted from a woofer 6a and a tweeter 7a is outputted from a woofer 6b and a tweeter 7b by using digital filters and delay devices or the like so as to allow a listener to listen to only the sound from the woofer 6b and the tweeter 7b in an area in front of the woofer 6b and the tweeter 7b by canceling crosstalk from the woofer 6a and the tweeter 7a. Then the interval between the woofers 6a and 6b and the interval between the tweeters 7a and 7b is selected to be one wavelength or below and 1/8 wavelength or over (40 cm, 5 cm) respectively with respect to the frequency of the controlled sound wave.



.....  
Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(51) Int. Cl.<sup>6</sup> 識別記号

H 0 4 S 1/00

H 0 4 R 1/26

F I

H 0 4 S 1/00

H 0 4 R 1/26

K

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-39378

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月20日

(71) 出願人 000004075

ヤマハ株式会社

静岡県浜松市中沢町10番1号

(72) 発明者 増田 克彦

静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

(72) 発明者 佐原 理孔

静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

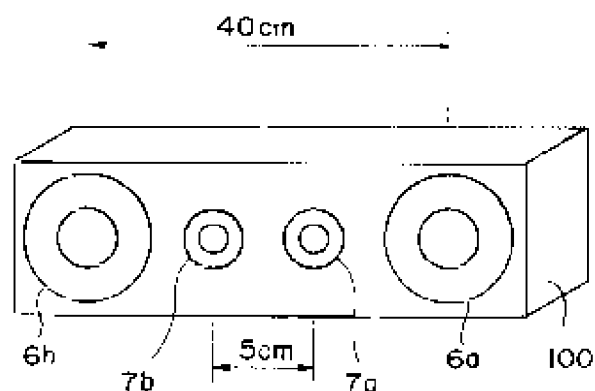
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外1名)

(54) 【発明の名称】 スピーカー装置

(57) 【要約】

【課題】同じ空間にいる2人の聴取者が別々の音源の音を聴き取れるようにすることができるスピーカー装置において、装置を小型化し、他の音源からの音に対する抑圧比を大きくし、広い領域で抑圧効果を得ること。

【解決手段】2つの音源からの信号をデジタルフィルター、遅延器等を用い、低音用スピーカー6aと高音用スピーカー7aから出力した音波を打ち消す音波を、低音用スピーカー6bと高音用スピーカー7bから出力することによって、低音用スピーカー6bと高音用スピーカー7bの前方の領域で、低音用スピーカー6aと高音用スピーカー7aからクロストーク音を打ち消して低音用スピーカー6bと高音用スピーカー7bからの音波のみを聴き取れるようにするスピーカー装置において、低音用スピーカー6a、6bと、高音用スピーカー7a、7bのそれぞれの設置間隔を、制御される音波の周波数領域の1波長以下、8分の1波長以上の間隔(40cm、5cm)に配置する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のスピーカーと、第2のスピーカーと、前記第3のスピーカーから放射される音波を、音波同士の干渉によって打ち消す音波を前記第1のスピーカーから放射させる制御手段とを備えたスピーカー装置であって、前記第1及び第2のスピーカーが、制御される音波の周波数領域の1波長以下、8分の1波長以上の間隔に配置されていることを特徴とするスピーカー装置

【請求項2】 さらに、第3のスピーカーと第4のスピーカーとを備え、前記制御手段が、さらに、前記第4のスピーカーから放射される音波を、音波同士の干渉によって打ち消す音波を前記第3のスピーカーから放射させ、その際、前記制御手段によって、前記第1及び第3のスピーカーを用いて制御される音波の周波数領域と、前記第3及び第4のスピーカーを用いて制御される音波の周波数領域とが互いに異なり、前記第1及び第3のスピーカーの配置間隔と、前記第3及び第4のスピーカーの配置間隔とが、それぞれ制御される音波の周波数領域の1波長以下、8分の1波長以上の間隔となるように、互いに異なっていることを特徴とする請求項1記載のスピーカー装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、同じ空間にいる2人（あるいは2つのグループ）の聴取者が別々の音源の音を同時に聴き取れるようにするのに用いて好適なスピーカー装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、同一空間の異なる領域で、異なる音を同時に聴き取れるようにするための装置には、例えば、スピーカーから放射される音の指向性を2以上の所望の方向に制御するようにしたものがあった。特開平6-205496号公報「スピーカー装置」に記載されている装置では、複数のスピーカーを直線状に配置したアレイスピーカーを用い、各スピーカーに供給する信号を個別にデジタル信号処理することで所望の指向性を実現しようとしていた。この公報に記載されている装置では、各スピーカーに供給される複数の信号に対して、各スピーカーにそれぞれ接続されているデジタルフィルターによって、遅延時間等を異ならせる信号処理が行われ、これによって放音される音の指向性が制御されるようになっていた。

【0003】また、構造的に任意の方向へスピーカーの指向性を持たせるための技術の一例が、特開平5-344579号公報「スピーカシステムおよびそのスピーカシステムを用いたテレビジョン受像機」に記載されている。この公報に記載されているスピーカー装置では、2

つのホーンスピーカーを用い、スピーカ振動板から放射される音波を導く音響管の形状と、音響管に組み合わせて用いられる仕切板および吸音材の配置を指向方向に適正化すること、任意の方向の指向性を得ようとしていた。

【0004】また、特開平5-333878号公報「クロストーク音制御装置」には、上記と異なり、近接した2つのスピーカーから異なる音を放射する際に、デジタル信号処理による打ち消し音を合成することで、クロストーク音を低減し、同一空間の異なる領域で複数の音から所望の音だけを聞けるようにする技術が記載されている。この公報に記載されている装置では、電車、航空機等の椅子に内蔵されたスピーカーから座っている人までの伝達関数の変化が椅子の背もたれの角度に応じることに着目し、その角度を検出することによって、従来一般的にデジタル信号処理で打ち消し音の合成を行う装置において誤差検出用に使われてきたマイクにフォンを省略可能としていた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来のスピーカー装置においては、例えば、複数のスピーカーからなるアレイスピーカーにデジタル信号処理を施したものでは、複数のスピーカーやデジタルフィルターを用いているので、装置が大規模になるという問題があった。一方、ホーンスピーカーに音響仕切り板を組み合わせたものでは、目的とする効果、すなわち、ある領域における他の領域に向けに放射された音の抑圧比が、小さいという問題があった。

【0006】一方、特開平5-333878号公報に記載されているような、椅子内蔵型のスピーカーと、椅子の背もたれ角度を検出するセンサーとを用いて、デジタル信号処理によって打ち消し音を合成するものでは、打ち消し領域（体積）が狭いという問題があった。また、信号処理を行うために、椅子の背もたれの角度を検出するための角度センサーが必要であった。

【0007】本発明は、このような背景の下になされたもので、上述した問題を解決し、同じ空間にいる2人（あるいは2つのグループ）の聴取者が別々の音源の音を聴き取れるようにすることができるスピーカー装置を提供することを目的とする。本発明の目的は、特に、装置を小型化し、目的でない音源の音や、聞かせたくない音源の音に対する抑圧比を大きくし、そして広い領域で効果を得ることである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1記載の発明は、第1のスピーカーと、第2のスピーカーと、前記第2のスピーカーから放射される音波を、音波同士の干渉によって打ち消す音波を前記第1のスピーカーから放射させる制御手段とを備えたスピーカー装置であって、前記第1及び第2のスピーカー

が、制御される音波の周波数領域の1波長以下、8分の1波長以上の間隔に配置されていることを特徴としている。また、請求項2記載の発明は、さらに、第3のスピーカーと第4のスピーカーとを備え、前記制御手段が、さらに、前記第4のスピーカーから放射される音波を、音波同士の干渉によって打ち消す音波を前記第3のスピーカーから放射させ、その際、前記制御手段によって、前記第1及び第2のスピーカーを用いて制御される音波の周波数領域と、前記第3及び第4のスピーカーを用いて制御される音波の周波数領域とが互いに異なり、前記第1及び第2のスピーカーの配置間隔と、前記第3及び第4のスピーカーの配置間隔とが、それぞれ制御される音波の周波数領域の1波長以下、8分の1波長以上の間隔となるように、互いに異なっていることを特徴としている。

【0009】上記構成によれば、例えば低域用の第1および第2のスピーカー、加えて、例えば高域用の第3および第4のスピーカーからなる2ウェイステレオスピーカーを用いた場合でも、他方のスピーカーから出た音を音波の干渉を用いて相互に打ち消すことができる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の一実施形態について説明する。図1は本発明によるスピーカー装置の一実施形態の構成を示すブロック図である。図1に示すスピーカー装置100は、2つの音源1a、1bを備え、各音源1a、1bから出力された信号を内部の各ブロックで信号処理した後、低音用スピーカー6a、6bと高音用スピーカー7a、7bとから音波として放射するように構成されている。

【0011】音源1aから出力された信号は、遅延器2aとデジタルフィルター3bへ入力され、音源1bから出力された信号は、遅延器2bとデジタルフィルター3aへ入力される。音源1aから遅延器2aへ入力された信号は、デジタルフィルター3aにおける信号処理時間とほぼ等しい時間だけ遅延された後、加算器4aへ入力され、そこでデジタルフィルター3aから出力された信号に加算される。同様に、音源1bから遅延器2bへ入力された信号は、デジタルフィルター3bにおける信号処理時間とほぼ等しい時間だけ遅延された後、加算器4bへ入力され、そこでデジタルフィルター3bから出力された信号に加算される。

【0012】加算器4a、4bの出力信号は、それぞれ増幅器5a、5bで増幅される。そして、増幅器5aから出力された信号は、クロスオーバーネットワーク8aにおいて周波数に応じて分配されて、低音用スピーカー6aと高音用スピーカー7aへ入力され、音波として空間に放射される。また増幅器5bから出力された信号は、クロスオーバーネットワーク8bにおいて周波数に応じて分配されて、低音用スピーカー6bと高音用スピーカー7bへ入力され、音波として上記と同じ空間に放

射される。

【0013】以上の構成において、空間で聴取される音について低音用スピーカー6aと高音用スピーカー7aの前方の空間領域aを例に説明する。領域aで聴取される音は各スピーカー6a、6b、7a、7bから放射される音を線形重ね合わせたものである。領域aの一点にマイクを置いたときのマイク出力電圧を $A(\omega)$ 、音源1aの出力電圧を $X(\omega)$ 、音源1bの出力電圧を $Y(\omega)$ とすると( $\omega$ は(角)周波数)、領域aに置いたマイク出力電圧Aは、

【0014】 $A = (\alpha X + \beta Y) \cdot (\gamma X + \delta Y)$

【0015】とあらわされる。ここで、 $\alpha$ は音源1a→遅延器2a→加算器4a→増幅器5a→クロスオーバーネットワーク8a→低音用スピーカー6aと高音用スピーカー7a、及び空間を経路とする伝達関数である。 $\beta$ は音源1b→デジタルフィルター3a→加算器4a→増幅器5a→クロスオーバーネットワーク8a→低音用スピーカー6aと高音用スピーカー7a、及び空間を経路とする伝達関数である。 $\gamma$ は音源1a→デジタルフィルター3b→加算器4b→増幅器5b→クロスオーバーネットワーク8b→低音用スピーカー6bと高音用スピーカー7b、及び空間を経路とする伝達関数である。 $\delta$ は音源1b→遅延器2b→加算器4b→増幅器5b→クロスオーバーネットワーク8b→低音用スピーカー6bと高音用スピーカー7b、及び空間を経路とする伝達関数である。

【0016】すなわち、括弧でくくった右辺第1項はスピーカー6a、7aから放射されて領域aで聴取される音を、括弧でくくった右辺第2項はスピーカー6b、7bから放射されて領域aで聴取される音を示している。デジタルフィルター3aを調整して $\beta$ を変化させ $\beta = 0$ を成立させると上式は $A = \alpha X = \gamma X = (\alpha + \gamma) X$ となり、Yを含む項が消去される。この意味は、領域aでは音源1a由来の音のみが聴取され、音源1b由来の音(クロストーク；領域bにおいては音源1a由来の音)は聞こえないことをしめす。同様の操作をデジタルフィルター3bに対しても行うことにより、領域bでは音源1a由来の音は聞こえない。

【0017】上記のような伝達関数を得るため、デジタルフィルター3a、3bの係数は、例えば、スピーカー装置100を実際に使用する空間あるいは使用されるものに類似する空間を用いた実験あるいはシミュレーション結果に基づいて、あらかじめ調整される。デジタルフィルター3a、3bに設定する各係数は、スピーカー装置100内のメモリー等に格納しておく。デジタルフィルター3a、3bは、周知のFIR(有限インパルス応答)フィルターやIIR(無限インパルス応答)フィルターなどによって構成することができる。

【0018】このような構成でデジタルフィルターによって $\beta = 0$ の成立が保証させられるのは領域a内の

ただ1点であり、その1点においてクロストークはゼロとなる。そして、その周囲にそれに準ずるクロストークの少ない空間が生じる。一般に拡散音場でスピーカー同士が十分に離れて設置されている場合クロストークが $-10$  dB以下となるような空間は制御帯域の音波の波長の十分の一程度といわれている(A. David and S. J. Elliot, 1993 applied acoustics 41, 63-79. Numerical studies of actively generated quiet zones)。

【0019】また、逆に音源同士の制御周波数の音波の波長の $1/8$ 以下に近づけた場合は、クロストークが $-10$  dB以下となる空間は2つのスピーカー両方の前方に広がってしまい、2チャンネル構成の場合はクロストーク低減の領域が重なり合ってしまう。図2は、3つのスピーカーの間隔を $d_1 \sim d_3$ と変化させ、音の波長を $\lambda$ としたときにクロストークが $-10$  dB以下となる領域がどのように変化するかを示す模式図である。図2

(A)は、3つのスピーカー60a、60bの間隔 $d_1$ を放射する音波の中心波長 $\lambda$ より大きくした場合に、スピーカー60bからのクロストークが、スピーカー60aから音波の強度(例えばマイクロフォンの出力電圧)に対して $-10$  dB以下の大きさとなる領域70a-1と、スピーカー60aからのクロストークが、スピーカー60bから音波に対して $-10$  dB以下の大きさとなる領域70b-1とを示している。図2(B)は、スピーカー60a、60bの間隔 $d_2$ を波長 $\lambda$ 以下、8分の1 $\lambda$ 以上とした場合にスピーカー60bからのクロストークが $-10$  dB以下の大きさとなる領域70a-2と、スピーカー60aからのクロストークが $-10$  dB以下の大きさとなる領域70b-2とを示している。そして、図2(C)は、スピーカー60a、60bの間隔 $d_3$ を8分の1 $\lambda$ 未満とした場合にスピーカー60bからのクロストークが $-10$  dB以下の大きさとなる領域70a-3と、スピーカー60aからのクロストークが $-10$  dB以下の大きさとなる領域70b-3とを示している。

【0020】本発明のスピーカー装置では、上記の点に着目し、2つのスピーカーの間隔を1波長以下 $1/8$ 波長以上に設置することで独立した大きな体積のクロストーク低減領域を生成するようにしている。また、図1にブロック構成を示したスピーカー装置のように、各1組の低音用スピーカーと高音用スピーカーとを用いる構成では、波長の異なる低音用スピーカーと高音用スピーカーをどちらも上記条件を満たすように間隔を異ならせて配置することで広い周波数域でも良好なクロストーク低減特性を得ることができるようにしている。

【0021】図3は、図1に示したスピーカー装置100の外観の一例を示す図である。図3に示すスピーカー装置100では、各スピーカー6a、6b、7a、7bを、同一のスピーカーボックスの前面に直線状に配置するとともに、外側に配置される低音用スピーカー6a、

6bの中心間隔を $40$  cm、内側に配置される高音用スピーカー7a、7bの中心間隔を $5$  cmとしている。このように各スピーカーを配置すると、内側の高音用スピーカー7a、7bの3つは $850 \sim 6800$  Hzの帯域で良好な指向性となり、外側の低音用スピーカー6a、6bの2つは $100 \sim 850$  Hzの帯域で良好な指向性となる。したがって、この場合、 $110 \sim 6800$  Hzの広帯域で所望のエリアでのクロストーク低減が得られる。

【0022】以上のように、本実施形態では、デジタルフィルターを用いたスピーカー装置によってクロストークを低減する場合に、各領域に対応するスピーカーを低音用と高音用の各2つのスピーカーで構成するとともに、低音用と高音用とで設置間隔を、それぞれ制御しようとする音波の周波数領域の1波長以下 $1/8$ 波長以上としたので、アレイスピーカーを用いて指向性を制御するような場合と比べ、装置を小型化することができる。また、制御しようとする周波数領域を複数に分割し、各周波数領域毎に専用のスピーカーを設けることで、広い周波数領域で良好なクロストーク抑圧比を得ることが可能となった。例えば、図3に示すような4つのスピーカーを配置したスピーカー装置では、 $0.5$  m $\sim 1$  m四方の広いエリアでクロストークの抑圧比が $15$  dB以上とれることを確認した。

【0023】本発明のスピーカー装置では、スピーカーの配置間隔を上記の条件にすることで、実用に十分なクロストークの抑圧比を得ることができるので、基本的にはマイクロフォン等のセンサーを組み合わせて、デジタルフィルタの係数をフィードバック制御する等の構成を使用する必要がない。したがって、構成を簡易にすることができる。

【0024】なお、上述した実施形態では、マイクロフォン等のセンサーを使用せずにあらかじめデジタルフィルタの係数を用意しておくことでクロストークを低減させることとしたが、マイクロフォン等を用いるとともに、デジタルフィルターを周知の適応形フィルター等によって構成することも可能である。また、スピーカーの構成は、図1および図3に示したように低音用と高音用に各1組のスピーカーを設けるものに限らず、図1のクロスオーバーネットワーク8a、8bの構成を変更することにより、1組のみのスピーカーとしたり、3組以上のスピーカーを用いることも可能である。

【0025】なお、本発明のスピーカー装置の用途としては、例えば、テレビの音声多重放送の受信機のスピーカーとして用いることで、テレビの音声多重放送の主・副チャンネルを2人(あるいは2グループ)同時に別々の音声で楽しめるようにすることが可能である。また、他の用途例としては、駅構内などで2つのエリアに異なった放送をするPA装置用のスピーカー装置として用いることができる。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、第2のスピーカーから放射される音波を、音波同士の干渉によって打ち消す音波を第1のスピーカーから放射させる制御手段を備えたスピーカー装置において、第1及び第2のスピーカーが、制御される音波の周波数領域の1波長以下、8分の1波長以上の間隔に配置されるようにしたので、従来に比べ、同じ空間にいる2人（あるいは2つのグループ）の聴取者が別々の音源の音を聴き取れるようにすることができるスピーカー装置において、装置の小型化、他の音源の音に対する抑圧比の向上、そして広い領域での効果獲得を可能とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明によるスピーカー装置の一実施形態

を示すブロック図である。

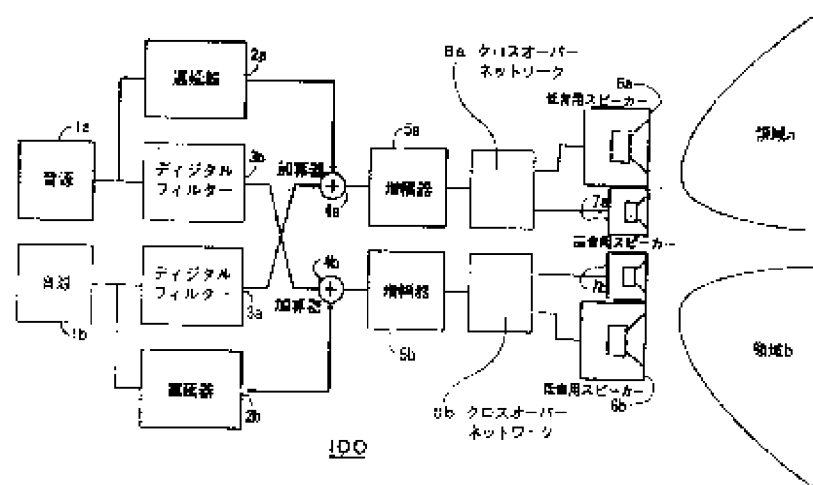
【図2】 スピーカー間隔を $d_1$ （図2（A））、 $d_2$ （図2（B））、 $d_3$ （図2（C））として、音の波長を $\lambda$ としたときクロストークが-10dBとなる領域をハッチングで示した模式図である。

【図3】 図1に示すスピーカー装置において各スピーカーを一つのスピーカーボックスに3ウェイ配置した場合の外観図である。

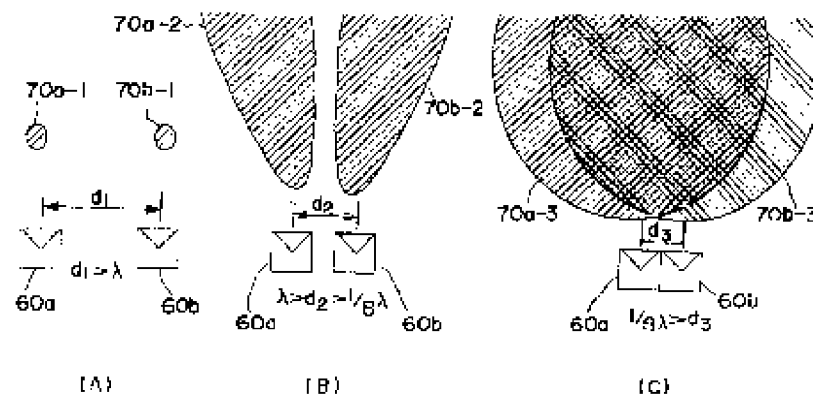
【符号の説明】

1a, 1b…音源、2a, 2b…遅延器、3a, 3b…デジタルフィルター、4a, 4b…加算器、5a, 5b…増幅器、6a, 6b…低音用スピーカー、7a, 7b…高音用スピーカー、8a, 8b…クロスコアネットワーク。

【図1】



【図2】



【図3】

